

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

M2013-43

Y. MURAKI et al.

#2
2/6/02

amr

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日

Date of Application:

2000年12月12日

出願番号

Application Number:

特願2000-377116

出願人

Applicant(s):

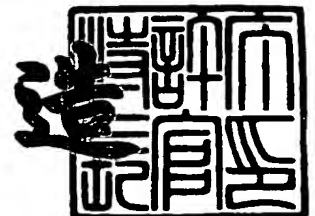
スズキ株式会社

11046 U.S. PTO
10/005637
12/05/01

2001年 9月17日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3085537

【書類名】 特許願

【整理番号】 A00-238

【提出日】 平成12年12月12日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G01N 21/88

【発明の名称】 三次元形状の欠陥検査方法

【請求項の数】 2

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市都筑区桜並木 2 番 1 号 スズキ株式会社
横浜研究所内

【氏名】 宮原 豊

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市都筑区桜並木 2 番 1 号 スズキ株式会社
横浜研究所内

【氏名】 赤羽 太郎

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市都筑区桜並木 2 番 1 号 スズキ株式会社
横浜研究所内

【氏名】 武士 正美

【発明者】

【住所又は居所】 静岡県浜松市高塚町 3 0 0 番地 スズキ株式会社内

【氏名】 室田 直哉

【特許出願人】

【識別番号】 000002082

【氏名又は名称】 スズキ株式会社

【代表者】 戸田 昌男

【電話番号】 053-440-2452

【代理人】

【識別番号】 100079164

【弁理士】

【氏名又は名称】 高橋 勇

【電話番号】 03-3862-6520

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013505

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9003719

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 三次元形状の欠陥検査方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 レーザ光を照射する投光器と、前記投光器からのレーザ光を反射させワークに対して線状に照射するミラーと、前記線状の照射に対しこの照射の移動軌跡が直交する方向に前記ミラーを所定のピッチで揺動させるミラー駆動手段と、前記ミラーと所定の位置関係を保持して前記ミラーの各揺動位置毎に前記ワークを撮影するカメラと、前記照射線の線方向と照射線の移動軌跡の方向を直交 2 軸とする前記カメラのカメラ座標系上におけるレーザ光検出位置に対応させて前記ミラーの揺動角度を示す値を記憶することによって前記ワークの凹凸形状を求める画像処理ユニットとを設け、完全な形状を有するワークの凹凸形状を前記画像処理ユニットにより予め求めて記憶しておき、その後、検査対象となるワークの凹凸形状を前記画像処理ユニットにより求め、前記カメラ座標系上の各マトリクス要素毎に、完全な形状を有するワークに対応して記憶されたミラーの揺動角度を示す値と検査対象となるワークに対応して記憶されたミラーの揺動角度を示す値との違いを比較して検査対象となるワークの欠陥の有無を検査する三次元形状の欠陥検査方法であって、

前記各マトリクス要素毎に、完全な形状を有するワークに対応して記憶されたミラーの揺動角度を示す値と前記検査対象となるワークに対応して記憶されたミラーの揺動角度を示す値との差分を求めて前記各マトリクス要素に対応させて記憶し、前記照射線の線方向のマトリクス要素中で最頻出する差分の値を前記照射線の方向に並ぶ前記マトリクス要素の列毎に求め、このマトリクス要素の列毎に、前記最頻出する差分の値との偏差が設定値以上に大きな差分を有するマトリクス要素を求めて欠陥候補として記憶し、前記マトリクス上において欠陥候補となるマトリクス要素の全ての存在状態に基いて前記検査対象となるワークの欠陥の有無を判定することを特徴とした三次元形状の欠陥検査方法。

【請求項 2】 レーザ光を照射する投光器と、前記投光器からのレーザ光を反射させワークに対して線状に照射するミラーと、前記線状の照射に対しこの照射の移動軌跡が直交する方向に前記ミラーを所定のピッチで揺動させるミラー駆

動手段と、前記ミラーと所定の位置関係を保持して前記ミラーの各揺動位置毎に前記ワークを撮影するカメラと、前記照射線の線方向と照射線の移動軌跡の方向を直交 2 軸とする前記カメラのカメラ座標系上におけるレーザ光検出位置に対応させて前記ミラーの揺動角度を示す値を記憶することによって前記ワークの凹凸形状を求める画像処理ユニットとを設け、完全な形状を有するワークの凹凸形状を前記画像処理ユニットにより予め求めて記憶しておき、その後、検査対象となるワークの凹凸形状を前記画像処理ユニットにより求め、前記カメラ座標系上の各マトリクス要素毎に、完全な形状を有するワークに対応して記憶されたミラーの揺動角度を示す値と検査対象となるワークに対応して記憶されたミラーの揺動角度を示す値との違いを比較して検査対象となるワークの欠陥の有無を検査する三次元形状の欠陥検査方法であって、

前記完全な形状を有するワークの凹凸形状と前記検査対象となるワークの凹凸形状の各々について、前記照射線の方向に並ぶ前記マトリクス要素の列毎に、前記照射線の線方向のマトリクス要素中で最頻出するミラーの揺動角度を示す値を求め、前記完全な形状を有するワークの凹凸形状と前記検査対象となるワークの凹凸形状において、最頻出するミラーの揺動角度を示す値が一致するように、前記照射線の方向に並ぶ前記マトリクス要素の列毎に、前記検査対象となるワークに対応して記憶されたミラーの揺動角度を示す値をシフトさせ、各マトリクス要素毎に、完全な形状を有するワークに対応して記憶されたミラーの揺動角度を示す値と前記検査対象となるワークに対応して記憶されたミラーの揺動角度を示す値とを比較して検査対象となるワークの欠陥の有無を検査することを特徴とした三次元形状の欠陥検査方法。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は、三次元形状の欠陥検査方法の改良に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

三次元形状によって形成されるワークの表面欠陥を検出するための方法として

は、例えば、特開平10-10053号に示されるように、ワークに対してストライプパターンの光線を照射し、そのパターンの境界の変形量や微分値に基いて欠陥検査を行うものが提案されている。

【0003】

しかし、このものは、単にワーク上の明暗の変化にのみ基いて欠陥の有無を検出するものであるため、複雑な凹凸形状によって影の生じ易い表面を有するワークや、油汚れが付着したり或いはマジックインキによるマーキングが施されたりして表面の濃度に相違を生じているワーク表面の欠陥を検出することは困難であり、往々にして、油汚れが付着したりマジックインキが付着した正常なワークを欠陥品として判定する場合があった。

【0004】

このような問題を解消するため、三角測量の測距原理を応用した三次元形状の欠陥検査方法が既に開発されている。

【0005】

ここで、三角測量の測距原理を応用した三次元形状の欠陥検査方法の作用原理について図6(a)を参照して簡単に説明する。

【0006】

図6(a)に示されるように、この種の欠陥検査方法を実現するためには、レーザ光を照射する投光器1と、投光器1からのレーザ光を反射させワーク2に対して図6(a)の紙面厚み方向(X軸方向)の幅を持って線状に照射するミラー3と、この線状の照射線に対して照射線の移動軌跡が直交する方向、要するに、図6(a)の紙面左右方向(Y軸方向)に向かって照射線が移動する方向にミラー3を所定のピッチで揺動させる図示しないミラー駆動手段、および、ミラー3の揺動位置を検出するための図示しない回転位置検出手段と、ミラー3と所定の位置関係を保持してミラー3の各揺動位置毎にワーク2を撮影するカメラ4と、照射線の線方向と照射線の移動軌跡の方向を直交2軸とするカメラ4のカメラ座標系上におけるレーザ光検出位置のマトリクスに対応させてミラー3の揺動角度を示す値(以下、距離コードという)を記憶することによってワーク2の凹凸形状を求める画像処理ユニット5が必要となる。

【0007】

図6 (a) に示されるラインL1は、ミラー3で反射されてワーク2を照射するレーザ光の光路であり、また、ラインL2はワーク2上に当たったレーザ光とカメラ4とを結ぶ直線である。

【0008】

ここで、ミラー3とカメラ4との位置関係、つまり、ミラー3とカメラ4とを結ぶ直線の長さは常に一定であり、ミラー3とカメラ4とを結ぶ直線とラインL1が成す角はミラー3の揺動角度から容易に求められる。

【0009】

また、ミラー3とカメラ4とを結ぶ直線とラインL2の成す角は、カメラ4のカメラ座標系上のレーザ光検出位置に基づいて、ラインL2とカメラ4の光軸が成す角として求めることができる。

【0010】

従って、三角測量の測距原理を応用してカメラ4に対するワーク2の離間距離を求めることが可能であるが、その演算に必要とされる処理が複雑となって演算所要時間が増長されるといった問題があるため、実際には、カメラ4に対するワーク2の離間距離を実際に求める代わりに、この離間距離に関連のあるミラー3の揺動角度の値をカメラ4のカメラ座標系上におけるレーザ光検出位置のマトリクスに対応させて記憶させることで複雑な演算処理を省略し、ワーク2の形状を記憶するようにしている。

【0011】

例えば、照射線の線方向と照射線の移動軌跡の方向を直交2軸とするカメラ座標系上のマトリクス(X, Y)が $(i_1, j_1) \sim (i_n, j_m)$ のn行m列のマトリクス要素で構成されていると仮定した場合、図6 (a) の例のようにカメラ座標系上の $(x (x=1 \sim n), j)$ の位置で照射線が検出されたときにミラー3の揺動角度が α であったとすると、カメラ座標系上のマトリクス $(x (x=1 \sim n), j)$ のX軸方向のn個の全てのマトリクス要素に α の値が記憶されることになり、この α の値が一定であることによって照射線の当たっている部分のワーク2 (但し、実線で示した形状) の高さが全て同一であると識別することが

できる。

【 0 0 1 2 】

ここで、仮に、ワーク 2 の表面の (i, j) の位置に図 6 (a) に示されるような突出部 2 f (但し、一点鎖線で示した形状) が存在していたとすると、ミラー 3 の揺動角度が α であるときには突出部 2 f の上面に照射線が当たらず、例えば、ミラー 3 の揺動角度が α' であるときに突出部 2 f の上面に照射線が当たることになるので、カメラ座標系上のマトリクス $(x (x = 1 \sim n), j)$ の X 軸方向の n 個のマトリクス要素のうち突出部 2 f のある (i, j) の位置にだけ α' の値が記憶され、 $x = i$ を除く他のマトリクス $(x (x = 1 \sim n), j)$ の X 軸方向の $n - 1$ 個のマトリクス要素の全てに α の値が記憶されることになるので、この揺動角度 α および α' 値の相違によってワーク 2 上の突出部 2 f の存在を確認することができる。

【 0 0 1 3 】

画像処理ユニット 5 は、ミラー 3 を揺動させて照射線を Y 軸方向に移動させながら、ミラー 3 の各揺動位置において、ミラー 3 の揺動角度つまり距離コードの値をカメラ 4 のカメラ座標系上におけるレーザ光検出位置のマトリクスに対応させて記憶させるといった処理を前記と同様にして繰り返し実行する。

【 0 0 1 4 】

図 7 (a) は各マトリクス要素の位置に記憶された距離コードの値をグレースケールの濃度に対応させて、例えば、照射線がワーク 2 の右端部に位置するときの距離コードの値を 0 (グレースケールの黒)、また、照射線がワーク 2 の左端部に位置するときの距離コードの値を 2 5 5 (グレースケールの白) として、各マトリクス上の距離コードの値を濃淡化して視覚化した場合の画像の一例である。以下、この種の画像を距離コード画像と呼ぶことにする。

【 0 0 1 5 】

そこで、このような原理を応用してワーク 2 の表面欠陥を検出する場合には、まず、完全な形状を有するワーク 2 の凹凸形状を画像処理ユニット 5 により予め求めておいて、例えば、図 7 (a) に示されるようにして、適切な形状を有するワーク 2 の距離コード画像を得ておく。以下、この距離コード画像を基準となる

距離コード画像と呼ぶ。

【0016】

次に、検査対象となるワーク 2 の凹凸形状を画像処理ユニット 5 により前記と同様にして求め、検査対象となるワーク 2 の距離コード画像を得る。図 7 (b) は中央部に欠陥 6 を有する検査対象のワーク 2 から得た距離コード画像の一例である。

【0017】

そして、完全な形状を有するワーク 2 から得た基準となる距離コード画像に記憶された距離コードと検査対象のワーク 2 から得た距離コード画像に記憶された距離コードとを各マトリクス要素 (i_x ($x=1\sim n$), j_y ($y=1\sim m$)) 毎に比較することによって、検査対象となるワーク 2 上の欠陥の有無を判定するのである。

【0018】

具体的には、まず、図 7 (a) に示されるような基準となる距離コード画像と図 7 (b) に示されるような検査対象の距離コード画像とを比較して各マトリクス要素 (i_x ($x=1\sim n$), j_y ($y=1\sim m$)) 毎に距離コードの差分を求め、この差分を各マトリクス要素 (i_x ($x=1\sim n$), j_y ($y=1\sim m$)) に対応させて記憶する。ここで、前記と同様にして、距離コードの差分の大きさをグレイスケールの濃度に対応させて視覚化すれば、例えば、図 7 (c) に示されるような画像が得られる。以下、この種の画像を差分距離コード画像と呼ぶことにする。

【0019】

更に、この差分距離コード画像に対してノイズ除去等の画像処理を施せば、欠陥 6 の部分が図 7 (d) のように鮮明化し、検査対象となるワーク 2 上の欠陥の有無を容易に判定することができるようになる。以下、この種の画像を欠陥抽出画像と呼ぶことにする。

【0020】

このような手法を適用すれば、ワーク 2 の表面の絶対的な凹凸形状の違いに基づいて欠陥の有無が判定されるので、ワーク 2 上に生じる影や油汚れおよびマジッ

クのマーキング等による画像の濃淡変化による悪影響を大幅に軽減して適切な欠陥検出を行うことが可能となるメリットがある。

【 0 0 2 1 】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、この種の原理を応用した三次元形状の欠陥検査方法では、ミラー 3 の揺動位置が極めて的確に制御される必要があり、もし、ミラー 3 の揺動位置に多少の誤差でもあったと、ワーク 2 の表面形状に関連する距離コードの値に大きな誤差が生じるといった欠点がある。

【 0 0 2 2 】

次に、このような問題が発生する原因について図 8 を参照して簡単に説明する。図 8 (a) は距離コード画像を取得するワーク 2 の形状の一例であり、このワーク 2 は、外周部に断面矩形状の周溝 2 a と断面楔形の浅い周溝 2 b とを有し、中央部には、播鉢状に削られた平坦部 2 c を備える。

図 8 (a) における A - A' はミラー 3 から照射されたレーザ光の線方向 (X 軸方向) を示し、また、B - B' は照射光の移動軌跡の移動方向 (Y 軸方向) を示している。

【 0 0 2 3 】

ここで、ワーク 2 上の照射線の線方向 (X 軸方向) の各位置のうち直線 B - B' と重合する部分の平坦部にのみ着目し、図 8 (b) に、基準温度下 (例えば 15℃) で測定したレーザ光検出位置のマトリクスと距離コードとの対応関係のデータを示す。但し、図 8 (b) ではワーク 2 の右端部では距離コード 0 を基準値とする一方、ワーク 2 の左端部では距離コード 255 を基準値として、これらの値が水平線上に位置するようにしてデータを視覚化している。

【 0 0 2 4 】

この例では、照射光が B - B' 上のどの位置を照射しているか、つまり、ミラー 3 がどのような揺動位置にあるかに関わりなくワーク 2 の高さは常に一定であるから、照射線の移動軌跡の方向 (Y 軸方向) を横軸としてワーク 2 の高さを縦軸 (Z 軸方向) にとった図 8 (b) のグラフは、Z = 一定の平坦なグラフとなる。

【 0 0 2 5 】

次に、全く同じワーク 2 を基準温度よりも高い温度環境下で測定した場合のレーザ光検出位置のマトリクスと距離コードとの対応関係のデータを図 8 (c) に示す。図 8 (b) と図 8 (c) を比較すれば分かる通り、基準温度よりも高い温度環境下で測定された距離コードのデータでは、ワーク 2 の右端部と左端側で高さが同じになるように距離コードの基準値の調整を行っているにも関わらず、照射線がワーク 2 の右端側 (Y 軸 + 方向) に移動していくに従って、あたかも、距離コードの値が徐々に増大していくような誤った測定結果が得られている。

【 0 0 2 6 】

これは、前述したミラー 3 の揺動位置の誤差に起因した測定の異常である。例えば、図 6 (b) において、ミラー 3 の正しい揺動位置が 3 a にあるべきときにミラー 3 に温度上昇による位置ズレ誤差が生じて 3 b の位置に移動していたとする。もし、仮にここで、ミラー 3 が正しい 3 a の位置にあってレーザ光がライン L 1 に沿って照射され、カメラ 4 がカメラ座標系上の $(x \ (x=1 \sim n), j)$ の位置でレーザ光を捉えることができれば、カメラ座標系上の $(x \ (x=1 \sim n), j)$ の位置にそのときのミラー 3 の揺動角度つまり距離コード α の値を対応させて記憶させることができる。

【 0 0 2 7 】

しかし、実際にはミラー 3 は 3 b の位置に位置ズレしており、レーザ光がライン L 1' に沿って照射されてカメラ座標系上の $(x \ (x=1 \sim n), j + \Delta j)$ の位置で検出されているにも関わらず、画像処理ユニット 5 自体はそのことを認識せずに、ライン L 1 に沿って照射されたレーザ光がカメラ座標系上の $(x \ (x=1 \sim n), j + \Delta j)$ の位置で検出されていると判断するので、結果的に、画像処理ユニット 5 は、本来、カメラ座標系上の $(x \ (x=1 \sim n), j)$ の位置に記憶すべき揺動角度に対応した距離コードの値 α をカメラ座標系上の $(x \ (x=1 \sim n), j + \Delta j)$ の位置 (本来の距離コードとして α' が記憶されるべき位置) に対応させて記憶してしまい、図 8 (c) に示されるような誤った測定結果が取得されてしまうことになる。つまり、カメラ座標系上の右端寄りの位置に本来の値 α' よりも大きな値 α の距離コードが記憶されてしまうため、図 8 (c

）に示されるような矛盾が生じるのである。なお、図6（a）から明らかなように、カメラ座標系上においてYの値が共通する同一線上の各マトリクス位置、例えば、 $(x(x=1\sim n), j)$ の位置では、距離コードの値が小さい部分 $(\alpha' < \alpha)$ の方が表面の高さが高いものとして判断されることになる。

【0028】

基準温度よりも高温の温度環境下で測定した距離コードに基いて生成された距離コード画像の一例を図9（a）に示す。ここで、この図9（a）の距離コード画像と基準温度下で生成された図7（a）の距離コード画像とを比較して距離コードの差分を求めると、図9（b）のような差分距離コード画像が得られる。図9（b）から明らかなように、前述した距離コードの誤差のため、差分距離コード画像の右側（Y軸＋方向）に行くほど差分の値は大きくなる。そして、この差分距離コード画像に基いて欠陥抽出画像を生成すると、図9（c）に示されるように、本来欠陥が無い右側（Y軸＋方向）の部分に大きな差分を有する面積が残り、この部分が欠陥として抽出されるため、本来良品であるワーク2が不良品として判定されてしまうといった不都合が生じる。

【0029】

このような問題を解決するための方法の一つとして、基準となる距離コード画像を様々な温度環境下で作成しておき、検査を実施するときの温度環境に応じて基準となる距離コード画像を使い分けるといったことが考えられる。

【0030】

しかし、基準となる距離コード画像を多数準備しておくためには画像処理ユニット5に大容量のメモリを装備する必要がある、また、同じ日であっても時刻によって環境温度が変化するため、基準となる距離コード画像を一日のうちに何回も再選択する必要が生じ、測定作業が煩わしくなる。

【0031】

また、これとは逆に、測定環境を支配して温度を一定に保つことも考えられるが、その場合、温度管理のための設備が大掛かりとなる問題がある。

【0032】

【発明の目的】

そこで、本発明の目的は、前記従来技術の欠点を解消し、温度変化に応じて設定を変えたり、温度環境を積極的に制御したりしなくても、ワーク表面の欠陥検査を的確に実行することのできる三次元形状の欠陥検査方法を提供することにある。

【 0 0 3 3 】

【課題を解決するための手段】

本発明による三次元形状の欠陥検査方法は、レーザ光を照射する投光器と、投光器からのレーザ光を反射させワークに対して線状に照射するミラーと、線状の照射に対しこの照射の移動軌跡が直交する方向にミラーを所定のピッチで揺動させるミラー駆動手段と、前記ミラーと所定の位置関係を保持してミラーの各揺動位置毎にワークを撮影するカメラと、前記照射線の線方向と照射線の移動軌跡の方向を直交2軸とするカメラ座標系上におけるレーザ光検出位置に対応させてミラーの揺動角度を示す値を記憶することによってワークの凹凸形状を求める画像処理ユニットとを設け、完全な形状を有するワークの凹凸形状を前記画像処理ユニットにより予め求めて記憶しておき、その後、検査対象となるワークの凹凸形状を前記画像処理ユニットにより求め、各マトリクス要素毎に、完全な形状を有するワークに対応して記憶されたミラーの揺動角度を示す値と検査対象となるワークに対応して記憶されたミラーの揺動角度を示す値との違いを比較して検査対象となるワークの欠陥の有無を検査する三次元形状の欠陥検査方法であり、前記目的を達成するため、特に、各マトリクス要素毎に、完全な形状を有するワークに対応して記憶されたミラーの揺動角度を示す値と検査対象となるワークに対応して記憶されたミラーの揺動角度を示す値との差分を求めて各マトリクス要素に対応させて記憶し、照射線の線方向のマトリクス要素中で最頻出する差分の値を照射線の方向に並ぶ前記マトリクス要素の列毎に求め、このこのマトリクス要素の列毎に、最頻出する差分の値との偏差が設定値以上に大きな差分を有するマトリクス要素を求めて欠陥候補として記憶し、前記マトリクス上において欠陥候補となるマトリクス要素の全ての存在状態に基づいて検査対象となるワークの欠陥の有無を判定することを特徴とした構成を有する。

【 0 0 3 4 】

次に、この発明が如何にして従来技術の問題点を解消するか的作用原理について説明する。

まず、投光器とミラー駆動手段とカメラおよび画像処理ユニットを作動させ、従来と同様にして、照射線の線方向と照射線の移動軌跡の方向を直交 2 軸とするカメラ座標系のマトリクスに対応させてミラーの揺動角度を示す値つまり距離コードの値を記憶することによって完全な形状を有するワークの凹凸形状を求め、記憶しておく。これにより、例えば、図 7 (a) に示されるような基準となる距離コード画像が得られる。

次に、前記と同様にして再び投光器とミラー駆動手段とカメラおよび画像処理ユニットを作動させ、照射線の線方向と照射線の移動軌跡の方向を直交 2 軸とするカメラ座標系のマトリクスに対応させて距離コードを記憶することにより、検査対象となるワークの凹凸形状を求める。これにより、例えば、図 9 (a) に示されるような距離コード画像が得られる。通常、基準となる距離コード画像を得たときとは環境温度が相違するので、この図 9 (a) の距離コード画像には、ミラーの位置ズレあるいはミラーの揺動位置を検出する回転位置検出手段の温度ドリフト等による揺動位置の検出誤差（非線型性のズレ，原点ドリフト等）によって距離コードの誤差が生じる。

次に、照射線の線方向と照射線の移動軌跡の方向を直交 2 軸とする各マトリクス要素毎に、完全な形状を有するワークの距離コードと検査対象となるワークの距離コードとの間の距離コードの差分を求め、この差分を各マトリクス要素に対応させて記憶する。これにより、例えば、図 9 (b) に示されるような差分距離コード画像が得られる。検査対象となるワークの距離コード画像自体に誤差があるため、距離コードの差分の値は例えば図 8 (c) に示されるように、ワークの端部にいくに従って増大する。

しかしながら、検査対象となるワークの距離コード画像に誤差が生じる原因は、ミラーの揺動角度のズレ、或いは、揺動角度の誤認識に起因するものであるため、照射線の方向に並ぶ同じ列中のマトリクス要素に対応して記憶された距離コードに関してみると、その誤差の値は一様に等しくなるはずである。例えば、図 8 (a) に示されるワーク 2 を検査対象とした場合、基準温度下で測定したワー

ク 2 の端部の距離コードのデータは、横軸を照射線の線方向（X 軸方向）として図 8（d）の破線のようになり、また、基準温度よりも高温の温度環境下で測定した検査対象のワーク 2 の端部の距離コードのデータは図 8（d）の実線のようになるということである。従って、基準温度下で測定したワーク 2 の距離コードのデータあるいは基準温度よりも高温の温度環境下で測定したワーク 2 の距離コードのデータの何れか一方をシフトし、図 8（e）のようにして両者を重ね合わせて照射線の方向（X 軸方向）に並ぶマトリクス要素の列の各位置毎に距離コードのデータの不一致の有無を判定すれば表面欠陥の有無を判定することができる。

【 0 0 3 5 】

そこで、まず、本発明においては、照射線の線方向のマトリクス要素中で最頻出する差分の値を照射線の方向に並ぶマトリクス要素の列毎に求める。検査対象となるワーク 2 の表面に全く欠陥が無い場合には、基準温度下で測定したワーク 2 の距離コードのデータと基準温度よりも高温の温度環境下で測定したワーク 2 の距離コードのデータをシフトして重ね合わせた場合、図 8（e）のように両者が完全に一致するはずであり、この場合、照射線の線方向のマトリクス要素中で現れる差分の値は全て図 8（d）の ΔZ に相当する値となる。無論、ワーク 2 の表面に凹凸の欠陥がある場合には ΔZ 以外の差分が検出されることもあるが、ワーク 2 の表面が大破することは殆ど有り得ないので、ワーク 2 の表面に凹凸の欠陥があろうとなかろうと、照射線の線方向のマトリクス要素中で最頻出する差分の値は必ず図 8（d）の ΔZ に相当する値となる。この ΔZ は前述したシフト量に相当する値であり、更に言えば、ミラーの位置ズレあるいはミラーの揺動位置を検出する回転位置検出手段の温度ドリフト等による検出誤差（非線型性のズレ、原点ドリフト等）に起因する距離コードの誤差そのものである。

そこで、次に、照射線の方向に並ぶマトリクス要素の列毎に、前記最頻出する差分の値（ ΔZ ）との偏差が設定値以上に大きな差分を有するマトリクス要素を求めて欠陥候補として記憶する。最頻出する差分の値（ ΔZ ）との間の偏差が設定値以上に大きな差分を有するマトリクス要素の部分は、距離コードのデータをシフトしても基準温度下で測定したワークの距離コードのデータと基準温度より

も高温の温度環境下で測定したワークの距離コードのデータとが一致しない部分であり、そこに凹凸の形状変形があることを意味する。

最終的に、マトリクス上において欠陥候補となるマトリクス要素の全て、つまり、照射線の線方向と照射線の移動軌跡の方向を直交2軸とするワークの投影面内の全ての欠陥候補の存在状態に基いて、検査対象となるワークの欠陥の有無を判定すればよい。例えば、欠陥候補がピンポイント的に存在する場合には単なる測定ミスであってワークには異常が無いものと判定することが可能であり、また、欠陥候補が或る程度の面積に亘って密集しているような場合には明らかな表面欠陥として判定することが可能である。

このように、照射線の方向に並ぶマトリクス要素の列毎に、ミラーの位置ズレあるいはミラーの揺動位置を検出する回転位置検出手段の温度ドリフト等による検出誤差（非線型性のズレ，原点ドリフト等）に起因する測距コード誤差の大きさ（ ΔZ ）を求め、距離コードのデータを誤差相当量だけシフトさせて基準温度下で測定したワークの距離コードのデータと基準温度よりも高温の温度環境下で測定したワークの距離コードのデータの一致不一致を調べることにより、測定時の温度の差に関わりなく、常に適切な欠陥検査を行うことが可能となる。

基準温度よりも低温の温度環境下で測定を実行する場合も前記と同様にして問題が解決される。

【 0 0 3 6 】

また、前記と同様の目的を達成するため、完全な形状を有するワークの凹凸形状と検査対象となるワークの凹凸形状の各々について、照射線の方向に並ぶマトリクス要素の列毎に、照射線の線方向のマトリクス要素中で最頻出するミラーの揺動角度を示す値を求め、完全な形状を有するワークの凹凸形状と検査対象となるワークの凹凸形状において、最頻出するミラーの揺動角度を示す値が一致するように、照射線の方向に並ぶマトリクス要素の列毎に、検査対象となるワークに対応して記憶されたミラーの揺動角度を示す値をシフトさせ、各マトリクス要素毎に、完全な形状を有するワークに対応して記憶されたミラーの揺動角度を示す値と検査対象となるワークに対応して記憶されたミラーの揺動角度を示す値とを比較して、検査対象となるワークの欠陥の有無を検査する構成を適用してもよい。

【 0 0 3 7 】

この場合、最頻出するミラーの揺動角度を示す値は、ワーク上で照射線の線方向に最大の長さを有する直線部分（但し、その直線部分がカメラの光軸と直交していることが前提）に相当する。従って、完全な形状を有するワークと検査対象となるワークの各々でこの直線部分を特定し、これらの直線が重合するように照射線の方向に並ぶマトリクス要素の列毎にミラーの揺動角度を示す値のデータをシフトして比較すれば、測定時の温度の差に関わりなく、常に適切な欠陥検査を行うことが可能となる。このシフト量は、前述したミラーの位置ズレあるいはミラーの揺動位置を検出する回転位置検出手段の温度ドリフト等による誤差（非線型性のズレ，原点ドリフト等）に起因する距離コード誤差の大きさ（ ΔZ ）に等しい。

【 0 0 3 8 】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して本発明の実施形態について詳細に説明する。図 1 は、本発明による三次元形状の欠陥検査方法を実施するために必要とされる欠陥検査装置 7 の構成の概略を示した機能ブロック図である。

【 0 0 3 9 】

この欠陥検査装置 7 は、レーザ光を照射する投光器 1 と、投光器 1 からのレーザ光を反射させてワーク 2 に対し図 1 の X 軸の方向に線状に照射するミラー 3 と、この線状の照射線に対して照射線の移動軌跡が直交する方向、要するに、図 1 の Y 軸方向に向かって照射線が移動する方向にミラー 3 を所定のピッチで揺動させるミラー駆動手段としてのガルバノスキャナ 8、および、ガルバノスキャナ 8 に付属してミラー 3 の揺動位置を検出するための回転位置検出センサ 9（回転位置検出手段）と、ミラー 3 と所定の位置関係を保持してミラー 3 の各揺動位置毎にワーク 2 を撮影するカメラ 4 と、ワーク 2 を置くためのワーク載置台 11 を備える。

また、投光器 1，ガルバノスキャナ 8，カメラ 4 の駆動制御手段を兼ねる画像処理ユニット 10 は、カメラ 4 のカメラ座標系上のレーザ光検出位置に対応させ

てミラー 3 の揺動角度を示す値（距離コード）を記憶する処理をミラー 3 を揺動させながら繰り返し実行することにより、照射線の線方向（X 軸方向）と照射線の移動軌跡の方向（Y 軸方向）を直交 2 軸とするカメラ座標系上のマトリクス（X, Y）に対応させて距離コードを記憶することでワーク 2 の表面の凹凸形状を求める機能を備える。

【 0 0 4 0 】

このうち、投光器 1, ミラー 3, カメラ 4、および、ミラー駆動手段としてのガルバノスキャナ 8 と、回転位置検出手段としての回転位置検出センサ 9 の構造および機能に関しては図 6（a）に示した従来例と同様であるので説明を省略する。

また、画像処理ユニット 10 の構造に関しても、具体的な内部処理とメモリの構成を除けば、図 6（a）に示した従来例の画像処理ユニット 5 と概ね同様である。

【 0 0 4 1 】

図 2 は画像処理ユニット 10 の構造の概略を示した機能ブロック図であり、同時に、投光器 1, カメラ 4, ガルバノスキャナ 8, 回転位置検出センサ 9 と画像処理ユニット 10 との電氣的な接続関係についても示している。

【 0 0 4 2 】

図 2 に示されるとおり、この画像処理ユニット 10 は、概略において、演算処理のための CPU 12 と、CPU 12 の制御プログラムを格納した ROM 13、および、完全な形状を有するワーク 2 の凹凸形状を記憶するための不揮発性メモリ 14 と、演算データの一時記憶等に用いられる RAM 15 とによって構成される。このうち、RAM 15 内の記憶領域は、差分距離コード画像記憶部 15 a, バッファ部 15 b, ラベル画像記憶部 15 c, 距離コード画像記憶部 15 d, 基準距離コード画像記憶部 15 e 等として利用される。

【 0 0 4 3 】

投光器 1, カメラ 4, ガルバノスキャナ 8 の各々は夫々のドライバ回路 16, 17, 18 と入出力回路 19 を介して CPU 12 によって駆動制御されるようになっており、また、ガルバノスキャナ 8 の回転位置、要するに、ミラー 3 の揺動

位置は、回転位置検出センサ 9 によって検出され、A/D変換器 20 および入出力回路 19 を介して CPU 12 に認識されるようになっている。

【0044】

但し、ガルバノスキャナ 8 の原点位置には温度の違いによるズレが生じる場合があり、また、回転位置検出センサ 9 自体の検出精度にも温度変化に依存する非線型的なズレが生じる場合があるので、厳密な意味で、CPU 12 がミラー 3 の揺動位置を正確に認識できるとは限らない。

従来の技術の項において既に図 6 (a) および図 6 (b) 等を参照して説明した通り、この温度変化によるミラー 3 の揺動位置のズレ、あるいは、ミラー 3 の揺動位置を検出する回転位置検出センサ 9 の温度ドリフト等による検出誤差に起因して、実際の距離コードの値と画像処理ユニット 10 が認識する距離コードの値との間に誤差を生じるのである。

【0045】

CPU 12 の入出力回路 19 には、更に、ドライバ回路 21 を介して表示器 22 が接続され、最終的に、CPU 12 の演算処理によって求められたワーク 2 の表面欠陥の判定結果が表示されるようになっている。

【0046】

手動データ入力装置 23 は、画像処理ユニット 10 とオペレータとの間のマン・マシン・インターフェイスを構成するもので、画像処理ユニット 10 の起動や測定指令の入力等に利用される。

【0047】

以下、これらの構成と図 3 のフローチャートを参照して本実施形態における三次元形状の欠陥検査方法について詳細に説明する。

【0048】

まず、検査対象となるワーク 2 の表面の欠陥判定のための前処理として、オペレータは、予め、完全な形状を有するワーク 2 の凹凸形状を欠陥検査装置 7 の画像処理ユニット 10 に記憶させておく。

【0049】

具体的には、オペレータは、まず、欠陥検査装置 7 におけるワーク載置台 11

の所定位置に完全な形状を有するワーク 2 を載置し、手動データ入力装置 2 3 を操作して基準データ入力のための測定指令を入力する。

【 0 0 5 0 】

基準データ入力のための測定指令の入力を検出した画像処理ユニット 1 0 は、投光器 1、カメラ 4、ガルバノスキャナ 8 を駆動制御し、従来と同様にして、完全な形状を有するワーク 2 の凹凸形状を図 7 (a) に示されるような基準となる距離コード画像として画像処理ユニット 1 0 の不揮発性メモリ 1 4 に記憶する。以下、この基準データ入力処理によって完全な形状を有するワーク 2 の凹凸形状を記憶したときの温度（気温）を基準温度という。この基準温度は欠陥検査装置 7 が適正に作動する範囲内の温度である必要があるが、その範囲内であれば格別な制限はなく、例えば、ミラー 3 に多少の原点位置のズレを生じたり回転位置検出センサ 9 に多少の温度ドリフト等を生じているような状態であっても、事実上差し支えはない。

【 0 0 5 1 】

この実施形態では、ワーク 2 上の照射線 2 4 の線方向の長さを n 個に分割した各位置の X 軸座標の値をカメラ座標系上のマトリクス要素 $i_1 \sim i_n$ とし、ワーク 2 の左端からワーク 2 の右端をレーザ光が照射する揺動位置までの区間を m 個のステップで分割した各位置の Y 軸座標の値をカメラ座標系上のマトリクス要素 $j_1 \sim j_m$ として規定している。つまり、このマトリクス上には全体として $(i_1, j_1) \sim (i_n, j_m)$ の $n \times m$ 個のマトリクス要素が存在することになる。

【 0 0 5 2 】

また、ミラー 3 の揺動角度を示す距離コードの値は、基準温度下でレーザ光がワーク 2 の左端を照射するときの値が 2 5 5（グレースケールの白に対応）、また、基準温度下でレーザ光がワーク 2 の右端を照射するときの値が 0（グレースケールの黒に対応）である。

【 0 0 5 3 】

画像処理ユニット 1 0 は、カメラ 4 のカメラ座標系上のレーザ光検出位置のマトリクスに対応させてミラー 3 の揺動角度つまり距離コードの値を記憶するので

、例えば、ワーク 2 上に垂直に屹立する面が存在するような場合、つまり、ミラー 3 の揺動角度が変化しても X-Y 平面内におけるレーザ光の検出位置が変化しないような場合においては、同一マトリクス上に相異なる距離コードの値が記憶されることになるが、その場合、最終的にこのマトリクスに対応して記憶されるのは最後に入力された距離コードの値である。

【 0 0 5 4 】

図 7 (a) は基準温度下で欠陥検査装置 7 を作動させたときにカメラ座標系上の各マトリクス要素の位置 (i_x ($x=1\sim n$), j_y ($y=1\sim m$)) に記憶された距離コードの値をグレイスケールの濃度に対応させて視覚化した場合の画像であり、これが基準となる距離コード画像である。

但し、図 7 (a) のような距離コード画像は説明の都合上データを視覚化して表示したものに過ぎない。距離コード画像は画像処理ユニット 10 の内部処理では単なる数値データとして扱われ、また、不揮発性メモリ 14 に記憶される基準となる距離コード画像、つまり、完全な形状を有するワーク 2 の凹凸形状を表すデータも 3 次元配列の数値データそのものである。図 7 (a) の距離コード画像を敢えて表示器 22 に表示する必要はない。

【 0 0 5 5 】

基準となる距離コード画像の生成に用いられたワーク 2 は、作業終了後にワーク載置台 11 から取り除かれる。

【 0 0 5 6 】

次に、検査対象となるワーク 2 の表面の欠陥検査を行うため、オペレータは前記と同様にして検査対象となるワーク 2 をワーク載置台 11 に載置し、手動データ入力装置 23 を操作して欠陥検査のための測定指令を入力する。

【 0 0 5 7 】

欠陥検査のための測定指令の入力を検出した画像処理ユニット 10 は、完全な形状を有するワーク 2 から得た基準となる距離コード画像を不揮発性メモリ 14 から RAM 15 の基準距離コード画像記憶部 15 e に読み込んだ後 (ステップ S1)、前述した基準データ入力処理の場合と同様、投光器 1, カメラ 4, ガルバノスキャナ 8 を駆動制御し、検査対象となるワーク 2 の凹凸形状を図 9 (a) に

示されるような距離コード画像としてRAM15の距離コード画像記憶部15dに記憶する(ステップS2)。

【0058】

距離コード画像のデータ配列に関しては前述した基準となる距離コード画像のデータ配列と全く同様であるので、説明を省略する。但し、温度変化等の影響により、例え、検査対象となるワーク2の形状が完全であったとしても、同じマトリクス上において、距離コード画像として記憶された距離コードの値と基準となる距離コード画像として記憶された距離コードの値との間には違いが生じる場合がある。

【0059】

次いで、画像処理ユニット10は、完全な形状を有するワーク2から得た基準となる距離コード画像と検査対象となるワーク2から得た距離コード画像との間で距離コードの差分を各マトリクス要素(i_x ($x=1\sim n$), j_y ($y=1\sim m$))毎に求め、求めた差分の値の各々をマトリクス要素(i_x ($x=1\sim n$), j_y ($y=1\sim m$))に対応させてRAM15の差分距離コード画像記憶部15aに一時記憶する(ステップS3)。

【0060】

前記と同様、距離コードの差分の大きさをグレイスケールの濃度に対応させて視覚化すれば、例えば、図9(b)に示されるような差分距離コード画像が得られることになる。但し、実際には、差分距離コード画像を視覚化して表示器22に表示する必要はない。

【0061】

次いで、画像処理ユニット10は、差分距離コード画像記憶部15aに図4(a)に示されるような検査ウィンドウを設定し(ステップS4)、この検査ウィンドウ内に含まれる差分の値を全てRAM15のバッファ部15bにコピーする(ステップS5)。図4(a)の差分距離コード画像の内容は図9(b)の差分距離コード画像の内容と同一である。図4(a)の検査ウィンドウも、前述した距離コード画像や差分距離コード画像と同様に概念上のものであり、実際に表示器22に表示されるわけではない。実際には、前述したステップS4の処理と最

初に実行されるステップ S 5 の処理によって、カメラ座標系上のマトリクス (i_1, j_1) \sim (i_n, j_1) に相当する縦一列分の差分データの各々がバッファ部 1 5 b に抽出されることになる。

【 0 0 6 2 】

次いで、画像処理ユニット 1 0 は、バッファ部 1 5 b に抽出された全ての差分データに対して昇順または降順のソーティング処理を施し、最頻出する差分データの中央値を求める (ステップ S 6)。

【 0 0 6 3 】

ステップ S 6 の処理でソーティングされた差分データの一例を図 5 に示す。図 5 の例では $a_1 \sim a_2$ の区間で値の近似する差分が最頻出し、また、これとは別に、 $b_1 \sim b_2$ の区間でも値の近似する差分が頻出している。ここでは演算処理の簡略化のため $a_1 \sim a_2$ の区間で頻出する差分の中央値 a_0 を最頻出する差分の値と定めている。

この中央値 a_0 の値は、課題を解決するための手段の項において既に説明した ΔZ の値、つまり、ミラー 3 の位置ズレあるいはミラー 3 の揺動位置を検出する回転位置検出センサ 9 の温度ドリフト等による検出誤差 (非線型性のズレ、原点ドリフト等) に起因した距離コードの誤差の値であり、もし、検査対象となるワーク 2 の表面形状が完全なものであれば、この最頻出する差分の値 a_0 ($= \Delta Z$) の分だけ縦一列分の全ての距離コードの値をシフトさせることによって検査対象となるワーク 2 から得た距離コードの値と基準となる距離コード画像の距離コードの値とを完全に一致させることのできる値である。

【 0 0 6 4 】

そこで、画像処理ユニット 1 0 は、最頻出する差分の値 a_0 との偏差が閾値 (例えば図 5 における設定値 ΔS) 以上に大きな差分を有するマトリクス要素がバッファ部 1 5 b 内に存在するか否かを検索し、もし、存在する場合には、この差分を有するマトリクス要素にラベリングを施して欠陥候補として記憶する (ステップ S 7)。

【 0 0 6 5 】

このラベリング処理は、具体的には、差分距離コード画像記憶部 1 5 a と同様

に n 行 m 列のマトリクス要素の記憶を許容された RAM 15 のラベル画像記憶部 15c において欠陥候補の対応位置に欠陥候補フラグをセットすることによって達成される。例えば、差分距離コード画像における (i_4, j_1) スポットと (i_5, j_1) スポットの差分の値が図 5 の $b_1 \sim b_2$ の区間に含まれていたとすれば、ラベル画像記憶部 15c における (i_4, j_1) スポットと (i_5, j_1) スポットに欠陥候補フラグがセットされることになる。欠陥候補フラグをセットされた部分は、前述した差分 $a_0 (= \Delta Z)$ の分だけ距離コードのデータをシフトさせたとしても検査対象となるワーク 2 から得た距離コードの値を基準となる距離コード画像の距離コードの値に一致させることができない部分であり、要するに、検査対象となるワーク 2 の表面に欠陥がある可能性を示す部分である。

このラベリング処理は、例えば、図 8 (e) に示されるようにして、基準温度下で測定した欠陥のないワーク 2 の外形と基準温度よりも高温あるいは低温の温度環境下で測定された検査対象のワーク 2 の外形とを重ね合わせて両者の外形の相違を検出する作業に実質的に等しい。

【0066】

次いで、画像処理ユニット 10 は、差分距離コード画像記憶部 15a に記憶された全ての差分に対して欠陥候補の検出処理が終わったか否か、つまり、 $j = 1 \sim m$ の全ての列に対して前述したステップ S5 ～ ステップ S7 の処理が施されたか否かを判別し（ステップ S8）、検出処理が終わっていなければ、検査ウインドウの設定位置を列方向、つまり、図 4 (a) の右方向にシフトし（ステップ S9）、前記と同様にしてステップ S5 ～ ステップ S7 の処理を繰り返し実行する。

【0067】

そして、最終的に、 $j = 1 \sim m$ の全ての列に対する欠陥候補の検出処理が終了すると、画像処理ユニット 10 は、ラベリングされた全てのマトリクス要素の存在状態、つまり、ラベル画像記憶部 15c における欠陥候補フラグのセット／非セット状態に基づいて検査対象であるワーク 2 の欠陥の有無を判定し、その結果を表示器 22 に表示してオペレータに知らせる（ステップ S10）。

【0068】

前述したステップS5～ステップS7の繰り返し処理によってラベル画像記憶部15cに設定された欠陥候補フラグのON/OFF状態の一例を図4(b)に示す。ここでは、この画像のことを欠陥抽出画像と呼ぶことにする。前記と同様、この欠陥抽出画像も概念上のものである。図4(b)では欠陥候補フラグがセットされている部分を白、または、欠陥候補フラグがセットされていない部分を黒で示すことによって欠陥候補フラグのON/OFF状態を視覚化している。図4(b)の例では欠陥候補フラグがセットされている白い部分が極めて微小な面積で飛び飛びに散在しているので、結果的に、画像処理ユニット10は、この検査対象のワーク2には欠陥がないものと判定し、表示器22に異常なしのステートメントを表示することになる。

【0069】

また、欠陥候補フラグがセットされている白い部分が或る程度以上の面積に亘って連続的に存在しているような場合には、前記とは逆に、欠陥ありのステートメントが表示されることになる。

【0070】

欠陥候補フラグがセットされた部分の面積の大きさに加え、更に、欠陥候補フラグがセットされた部分の全体的な形状を加味して欠陥の有無を判定することも可能である。例えば、欠陥候補フラグがセットされた部分が各軸方向に或る程度以上の長さを持っている場合にはワーク2の表面欠陥として判定することが可能である。

【0071】

この実施形態の処理操作によって得られた図4(b)の欠陥抽出画像と従来技術によって得られた図9(c)の欠陥抽出画像とを比較すれば明らかなように、この実施形態によれば、ミラー3の位置ズレやミラー3の揺動位置を検出する回転位置検出センサ9の温度ドリフト等による検出誤差（非線型性のズレ、原点ドリフト等）に起因した距離コードの誤差による判定ミスが解消され、ワーク2の表面欠陥の有無を適切に判定できるようになることが分かる。

その理由は、前述したとおり、基準温度下で測定した欠陥のないワーク2の外形と基準温度よりも高温あるいは低温の温度環境下で測定された検査対象のワー

ク 2 の外形とを重ね合わせて両者の外形の相違を検出する作業をデジタル的に実行しているからである。

【 0 0 7 2 】

次に、完全な形状を有するワーク 2 の凹凸形状と検査対象となるワーク 2 の凹凸形状の各々について、ミラー 3 の各揺動位置毎に、照射線 2 4 の線方向つまり X 軸方向のマトリクス要素中で最頻出する距離コードを求め、完全な形状を有するワーク 2 の凹凸形状と検査対象となるワーク 2 の凹凸形状において、最頻出する距離コードが一致するように、ミラー 3 の各揺動位置毎に、検査対象となるワーク 2 に対応して取得された距離コードの値をシフトさせ、各マトリクス要素毎に、完全な形状を有するワーク 2 から取得された距離コードと検査対象となるワーク 2 から取得された距離コードとを比較することで、検査対象となるワーク 2 の欠陥の有無を検査するようにした実施形態について簡単に説明する。

【 0 0 7 3 】

このような構成を適用する場合には、まず、完全な形状を有するワーク 2 を欠陥検査装置 7 で走査し、基準となる距離コード画像（例えば図 7（a））を基準距離コード画像記憶部 1 5 e に取り込み、更に、検査対象となるワーク 2 を欠陥検査装置 7 で走査して、距離コード画像（例えば図 9（a））を距離コード画像記憶部 1 5 d に取り込む。

【 0 0 7 4 】

次に、画像処理ユニット 1 0 により、基準距離コード画像記憶部 1 5 e に図 4（a）に示されるような検査ウィンドウを設定し、 $(i_1, j_1) \sim (i_n, j_1)$ に相当するマトリクス要素の距離コードを抽出し、抽出された全ての距離コードに対して昇順または降順のソーティング処理を施し、最頻出する距離コードを求める。

【 0 0 7 5 】

これにより例えば図 5 に示されるようなソーティング結果が得られるが、この場合、頻出する距離コードの塊は、カメラ 4 の光軸に直行する平面の数だけ表れることになる。例えば、図 8（a）に示されるようなワーク 2 に対し A-A' の位置について見れば、図 8（d）に示される面 2 d と平坦部 2 c と周溝 2 a の底

の部分が頻出する距離コードを有するX、Y座標の値となる。傾斜面2eの部分は高さが一定ではないので頻出する距離コードとはならず、また、周溝2bの部分も2ヶ所に分散された2つの点状の形を有するので面積が非常に小さく、頻出する距離コードを有する座標とはならない。図8(a)および図8(d)の例で最頻出する距離コードとなるのは、平坦部2cの座標(ワーク2上で照射線の線方向に最大の長さを有する直線部分)に対応して記憶された距離コードであり、この平坦部2cの高さによって基準となる正常なワーク2(図8(d)の破線部の形状)の基準面に相当する距離コードの値が特定される。

【0076】

次に、画像処理ユニット10により、距離コード画像記憶部15dに図4(a)に示されるような検査ウインドウを設定し、 $(i_1, j_1) \sim (i_n, j_1)$ に相当するマトリクス要素の距離コードを抽出し、抽出された全ての距離コードに対して前記と同様に昇順または降順のソーティング処理を施し、最頻出する距離コードを求める。前記と同様、これにより、ワーク2上で照射線の線方向に最大の長さを有する直線部分からなる平坦部2cの高さに基いて検査対象となるワーク2(図8(d)の実線部の形状)の基準面に相当する距離コードの値が特定される。

【0077】

そこで、次に、完全な形状を有するワーク2において最頻出する距離コードの値から検査対象となるワーク2において最頻出する距離コードの値を減じて図8(d)に示されるような距離コードの差分 ΔZ の値を求める。この値 ΔZ がミラー3の位置ズレやミラー3の揺動位置を検出する回転位置検出センサ9の温度ドリフト等による検出誤差(非線型性のズレ、原点ドリフト等)に相当する距離コードの誤差である。

【0078】

次に、距離コード画像記憶部15dから抽出された $(i_1, j_1) \sim (i_n, j_1)$ の距離コードの各々に差分 ΔZ の値を加算して(但し、この例では ΔZ の符号はマイナスである)、検査対象となるワーク2から取得された距離コードの値を全てシフトさせ、改めて距離コード画像記憶部15dに書き込む。この操作

により、完全な形状を有するワーク 2 の凹凸形状と検査対象となるワーク 2 の凹凸形状が、平坦部 2 c を基準として例えば図 8 (e) に示されるようにして実質的に重ね合わされることになる。

【 0 0 7 9 】

以上の処理を距離コード画像記憶部 1 5 d 内の $j_1 \sim j_m$ の全てのデータ列に対して繰り返し実行することにより、ミラー 3 の各揺動位置毎に、各揺動位置に固有の距離コードの誤差 ΔZ の値を求め、検査対象となるワーク 2 から取得した距離コードの値を誤差 ΔZ の分だけシフトさせて、距離コード画像記憶部 1 5 d に再格納する。

【 0 0 8 0 】

最終的に、基準距離コード画像記憶部 1 5 e と距離コード画像記憶部 1 5 d の各マトリクス要素毎に、完全な形状を有するワーク 2 から取得された距離コードの値と検査対象となるワーク 2 から取得された距離コードの値（但し、データシフト済みのもの）とを比較することで、検査対象となるワーク 2 の表面の欠陥の有無を判定することができる。

【 0 0 8 1 】

この実施形態の場合、ワーク 2 上で照射線の線方向に最大の長さを有する直線部分を含んだ面、つまり、Y 軸の値が同一である複数のマトリクス要素中で最頻出する測距コードを有する座標を含んだ直線面が位置合わせの基準面となる。従って、照射線の位置によって、あるときは平坦部 2 c が基準面、また、あるときは面 2 d が基準面となることもあるが、この基準面は基準距離コード画像記憶部 1 5 e の側と距離コード画像記憶部 1 5 d の側で同時に一様に変化するので比較上の問題とはならない。

【 0 0 8 2 】

この実施形態においても、最初に説明した実施形態の場合と同様、実質的に、基準温度下で測定した欠陥のないワーク 2 の外形と基準温度よりも高温あるいは低温の温度環境下で測定された検査対象のワーク 2 の外形とを重ね合わせて両者の外形の相違を検出する作業が行われるので、ミラー 3 の位置ズレやミラー 3 の揺動位置を検出する回転位置検出センサ 9 の温度ドリフト等による検出誤差（非

線型性のズレ、原点ドリフト等）に起因した距離コードの誤差が解消され、ワーク 2 の表面欠陥の有無を適切に判定することができる。

【 0 0 8 3 】

【発明の効果】

本発明による三次元形状の欠陥検査方法は、完全な形状を有するワークとカメラとの間の離間距離に相当するミラーの揺動角度を示す値と、検査対象となるワークとカメラとの間の離間距離に相当するミラーの揺動角度を示す値との間の差分を求め、照射線の線方向と照射線の移動軌跡の方向を直交 2 軸とするマトリクスに対応させて記憶し、照射線の線方向のマトリクス要素中で最頻出する差分の値をミラーの各揺動位置毎に求め、ミラーの各揺動位置毎に、最頻出する差分の値との偏差が設定値以上に大きな差分を有するマトリクス要素を求めることによって、ミラーの揺動角度を示す値を相対的にシフトさせても完全な形状を有するワークにおいてワークとカメラとの間の離間距離に相当するミラーの揺動角度を示す値と検査対象となるワークとカメラとの間の離間距離に相当するミラーの揺動角度を示す値とが一致しない部分を検出して欠陥候補として記憶し、更に、マトリクス上において欠陥候補となるマトリクス要素の全ての存在状態に基づいて検査対象となるワークの欠陥の有無を判定するようにしたので、ミラーの揺動位置やミラーの揺動位置を検出する回転位置検出手段の精度に温度変化による誤差が生じた場合であっても、検査対象となるワーク表面の欠陥の有無を的確に判定することができる。

【 0 0 8 4 】

また、完全な形状を有するワークの凹凸形状と検査対象となるワークの凹凸形状の各々について、照射線の方向に並ぶマトリクス要素の列毎に、照射線の線方向のマトリクス要素中で最頻出するミラーの揺動角度を示す値を求め、完全な形状を有するワークの凹凸形状と検査対象となるワークの凹凸形状において、最頻出するミラーの揺動角度を示す値が一致するように、照射線の方向に並ぶマトリクス要素の列毎に、検査対象となるワークから取得されたミラーの揺動角度を示す値をシフトさせることにより、実質的に、完全な形状を有するワークの凹凸形状と検査対象となるワークの凹凸形状を重ね合わせるようにして検査対象となる

ワーク表面の欠陥の有無を判定するようにしたので、ミラーの揺動位置やミラーの揺動位置を検出する回転位置検出手段の精度に温度変化による誤差が生じた場合であっても、検査対象となるワーク表面の欠陥の有無を的確に判定することができる。

【 0 0 8 5 】

この結果、ワーク表面の欠陥検査を的確に実行するための設定変更や積極的な温度環境の制御を行わなくてもワーク表面の欠陥検査を的確に実行することができるようになり、欠陥検査を行うオペレータの作業が簡素化され、また、検査精度向上のための過剰装備も不要となって、設備投資の費用も軽減される。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明による三次元形状の欠陥検査方法を実施するために必要とされる欠陥検査装置の構成の概略を示した機能ブロック図である。

【図 2】

同実施形態の欠陥検査装置における画像処理ユニットの構造の概略を示した機能ブロック図である。

【図 3】

同実施形態の欠陥検査装置における画像処理ユニットの処理動作の概略を示したフローチャートである。

【図 4】

図 4 (a) は差分距離コード画像から抽出すべき差分データを特定するための検査ウィンドウを概念化して示した図、図 4 (b) は同実施形態の欠陥検査装置における画像処理ユニットによって得られる欠陥抽出画像を視覚化して示した概念図である。

【図 5】

抽出された差分データのソーティング状況の一例を示した概念図である。

【図 6】

図 6 (a) は従来の三次元形状の欠陥検査方法の作用原理を説明した概念図、図 6 (b) は従来の三次元形状の欠陥検査方法で生じる問題点を説明した概念図

である。

【図 7】

図 7 (a) は従来の三次元形状の欠陥検査方法によって得られる基準となる距離コード画像の一例を示した概念図、図 7 (b) は従来の三次元形状の欠陥検査方法によって得られる欠陥を含む距離コード画像の一例を示した概念図、図 7 (c) は従来の三次元形状の欠陥検査方法によって得られる差分距離コード画像の一例を示した概念図、図 7 (d) は従来の三次元形状の欠陥検査方法によって得られる欠陥抽出画像の一例を示した概念図である。

【図 8】

図 8 (a) は距離コード画像を取得するワークの形状の一例を示した平面図、図 8 (b) は基準温度下にあるワークを走査して抽出された距離コードによって示されるワーク形状を距離コードの値を調整して示した概念図、図 8 (c) は基準温度よりも高い温度環境下にあるワークを走査して抽出された距離コードによって示されるワーク形状を距離コードの値を調整して示した概念図、図 8 (d) は従来技術の問題点と本発明の基本的な作用原理の一部を説明した概念図、図 8 (e) は本発明の基本的な作用原理の一部を説明した概念図である。

【図 9】

図 9 (a) は基準温度よりも高温の温度環境下にあるワークを走査して抽出された距離コードに基いて生成された距離コード画像の一例を示した概念図、図 9 (b) は基準温度下で生成された距離コード画像と基準温度よりも高温の温度環境下で生成された距離コード画像とを比較して求めた差分距離コード画像の一例を示した概念図、図 9 (c) は従来の三次元形状の欠陥検査方法によって差分距離コード画像から得た欠陥抽出画像の一例を示した概念図である。

【符号の説明】

- 1 投光器
- 2 ワーク
- 3 ミラー
- 3 a 正しいミラーの位置
- 3 b 位置ズレを生じたミラーの位置

- 4 カメラ
- 5 画像処理ユニット
- 6 欠陥
- 7 欠陥検査装置
- 8 ガルバノスキャナ（ミラー駆動手段）
- 9 回転位置検出センサ（回転位置検出手段）
- 10 画像処理ユニット
- 11 ワーク載置台
- 12 CPU
- 13 ROM
- 14 不揮発性メモリ
- 15 RAM
 - 15 a 差分距離コード画像記憶部
 - 15 b バッファ部
 - 15 c ラベル画像記憶部
 - 15 d 距離コード画像記憶部
 - 15 e 基準距離コード画像記憶部
- 16 ドライバ回路
- 17 ドライバ回路
- 18 ドライバ回路
- 19 入出力回路
- 20 A/D変換器
- 21 ドライバ回路
- 22 表示器
- 23 手動データ入力装置
- 24 照射線
- L 1 ミラーで反射されてワークを照射するレーザ光の光路
- L 1' ミラーで反射されてワークを照射するレーザ光の光路
- L 2 ワーク上に当たったレーザ光とカメラとを結ぶ直線

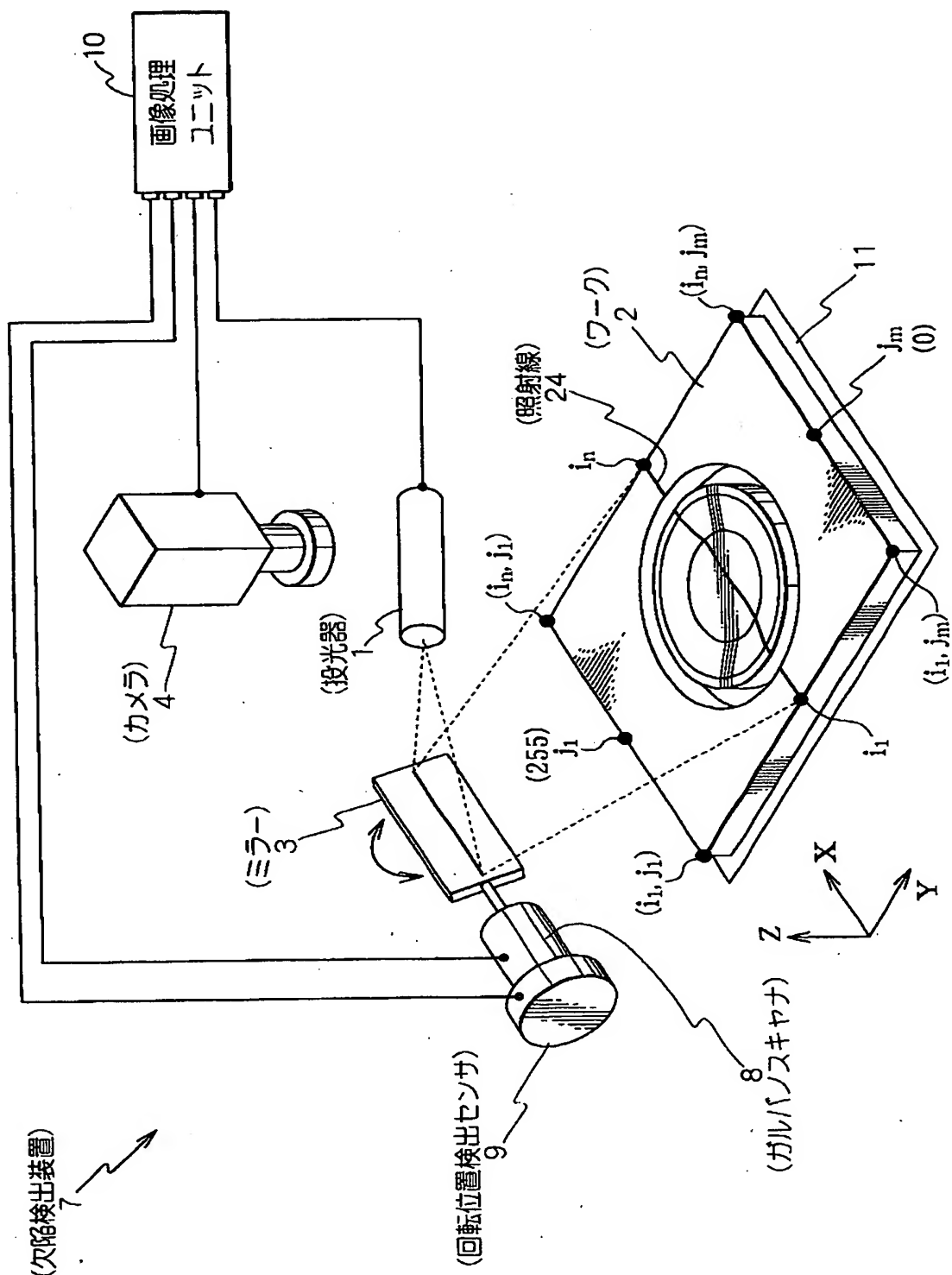
L 2' ワーク上に当たったレーザ光とカメラとを結ぶ直線

α 光路 L 1 に対応するミラーの揺動角度を示す値（距離コード）

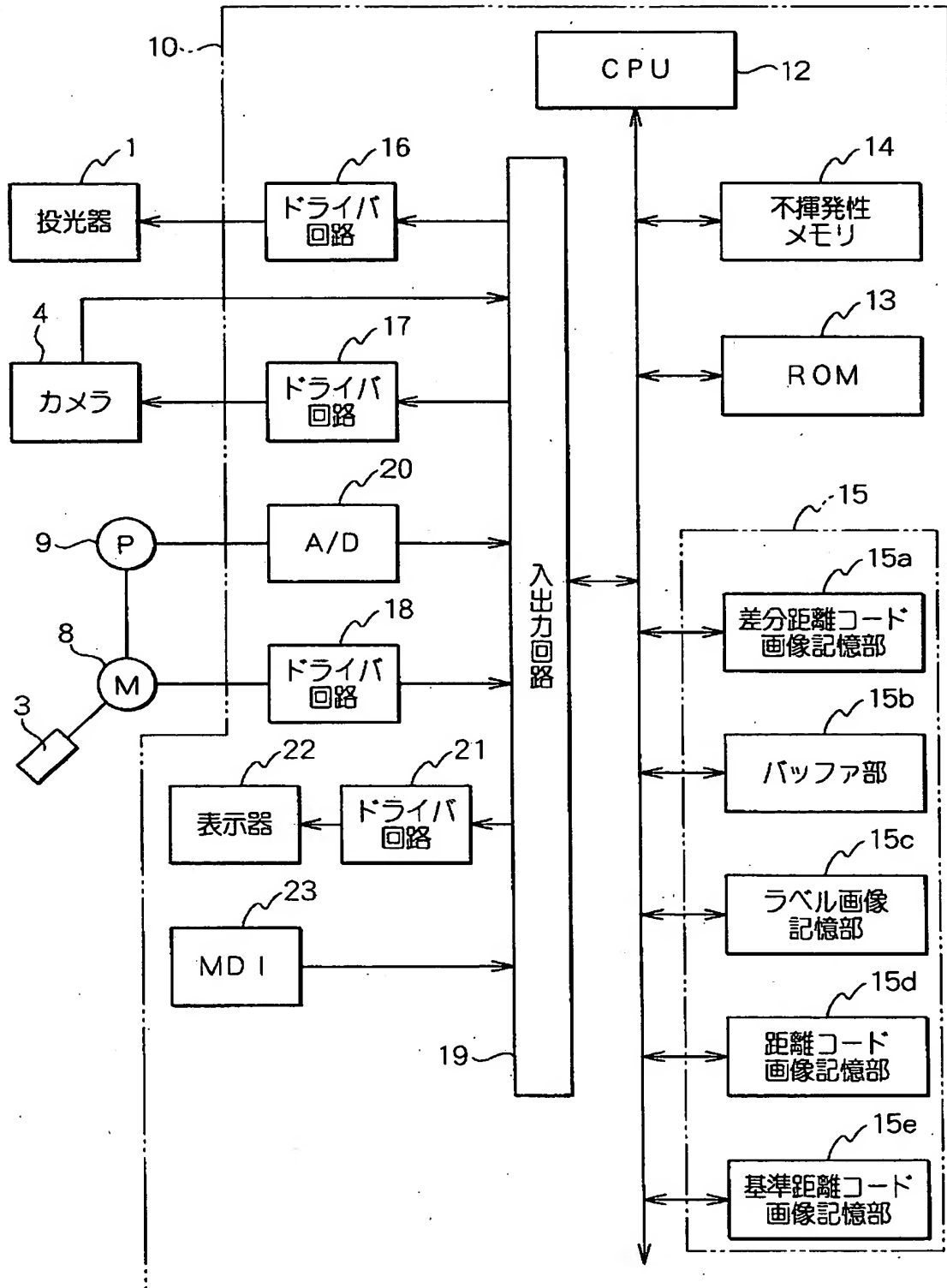
α' 光路 L 1' に対応するミラーの揺動角度を示す値（距離コード）

【書類名】 図面

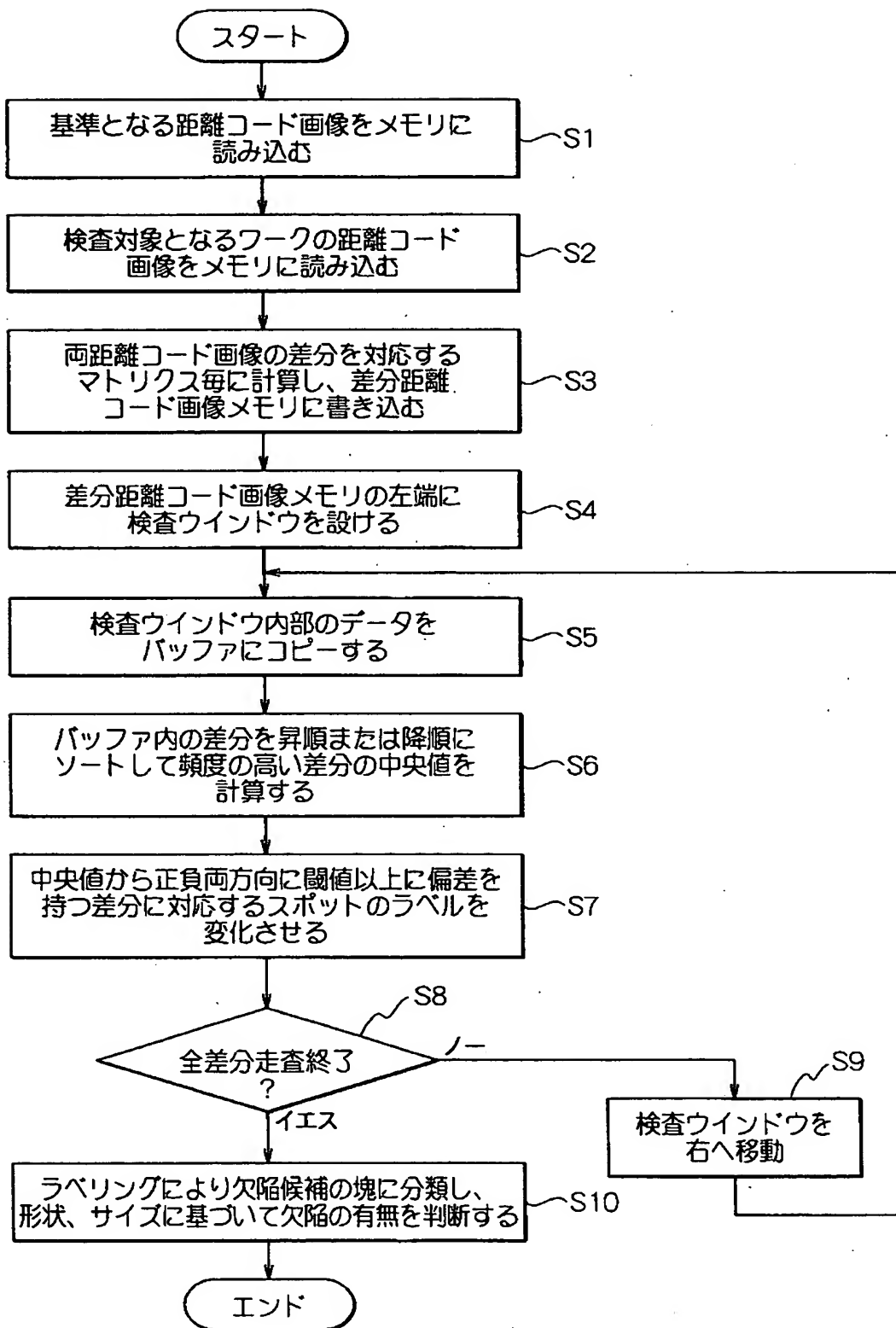
【図 1】



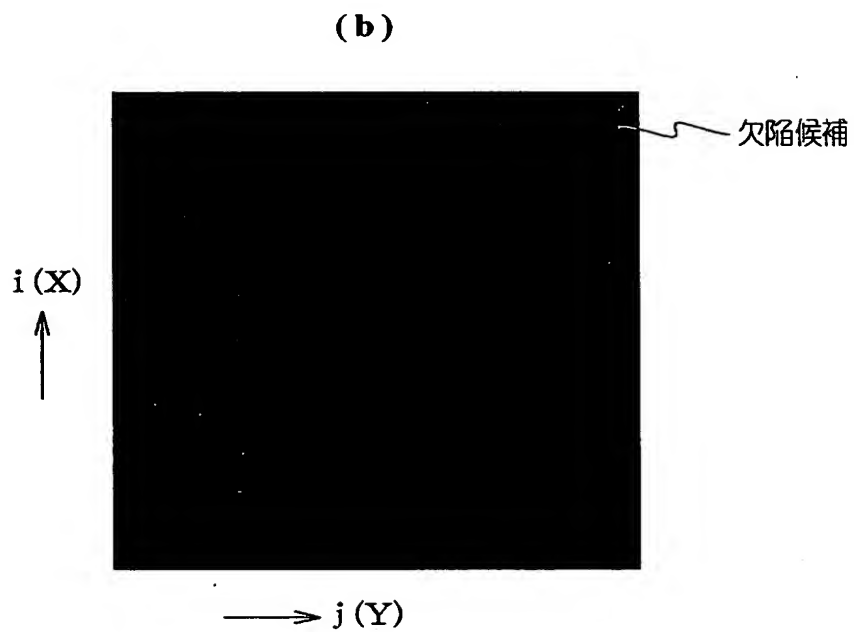
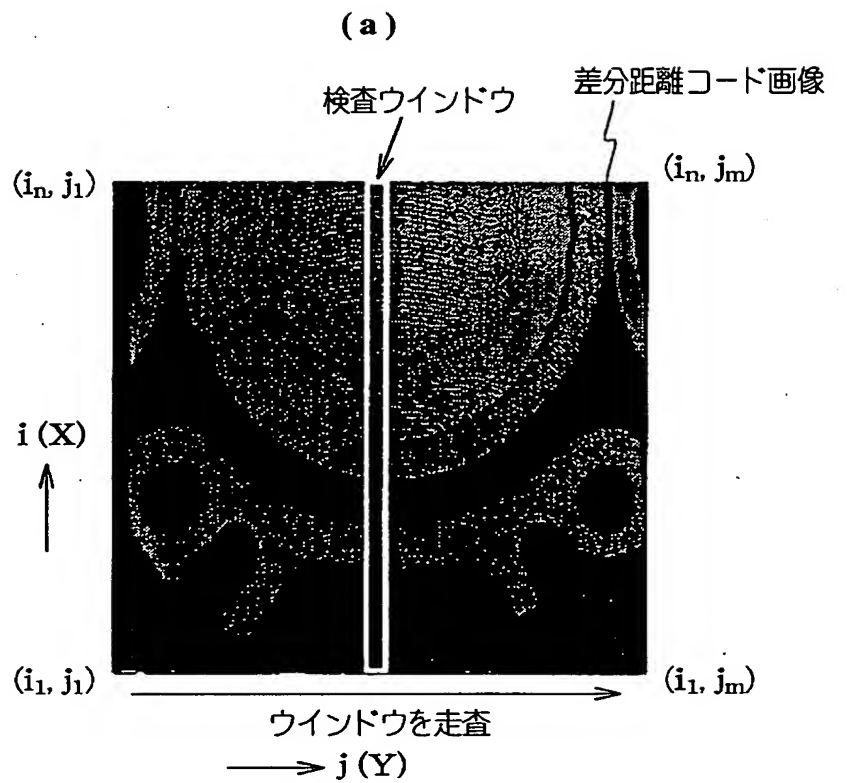
【図 2】



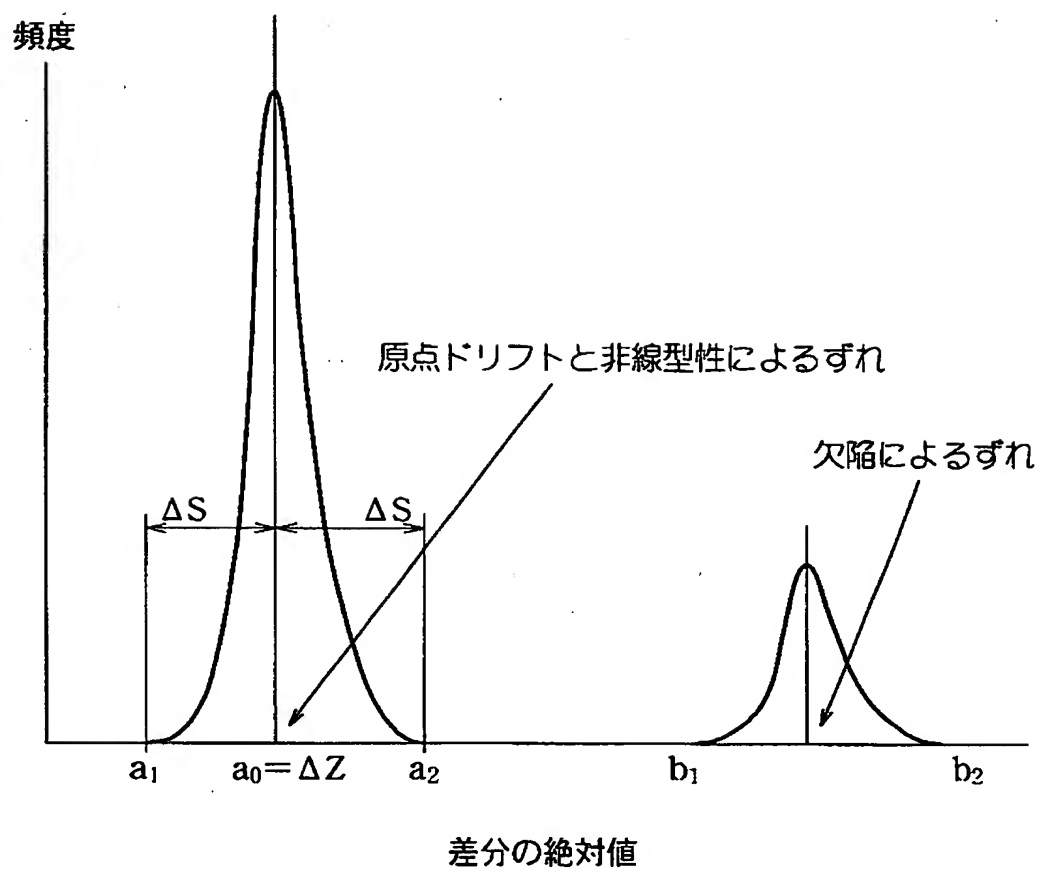
【図 3】



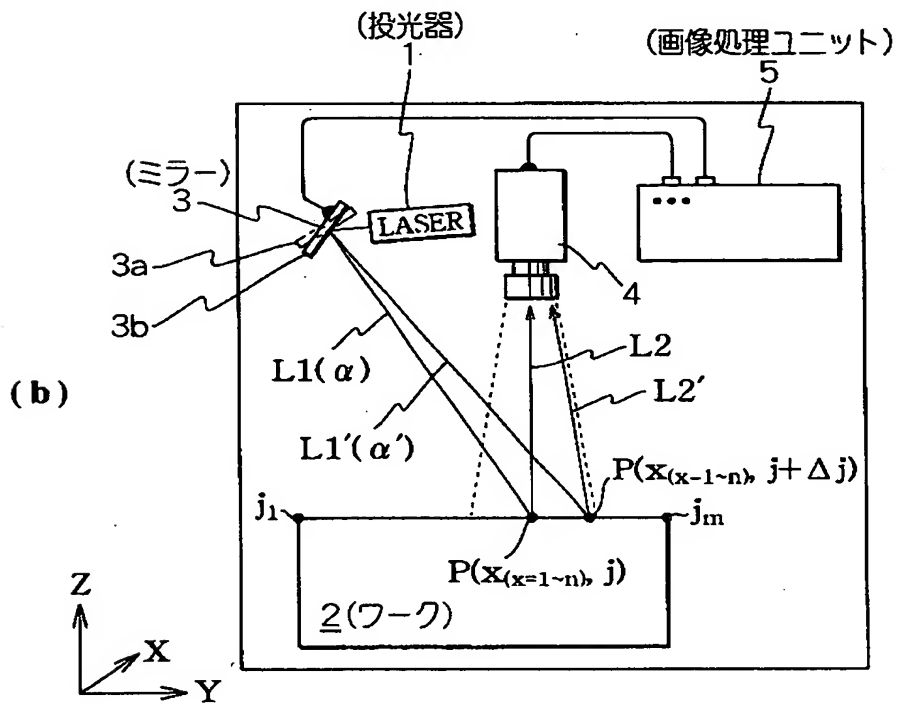
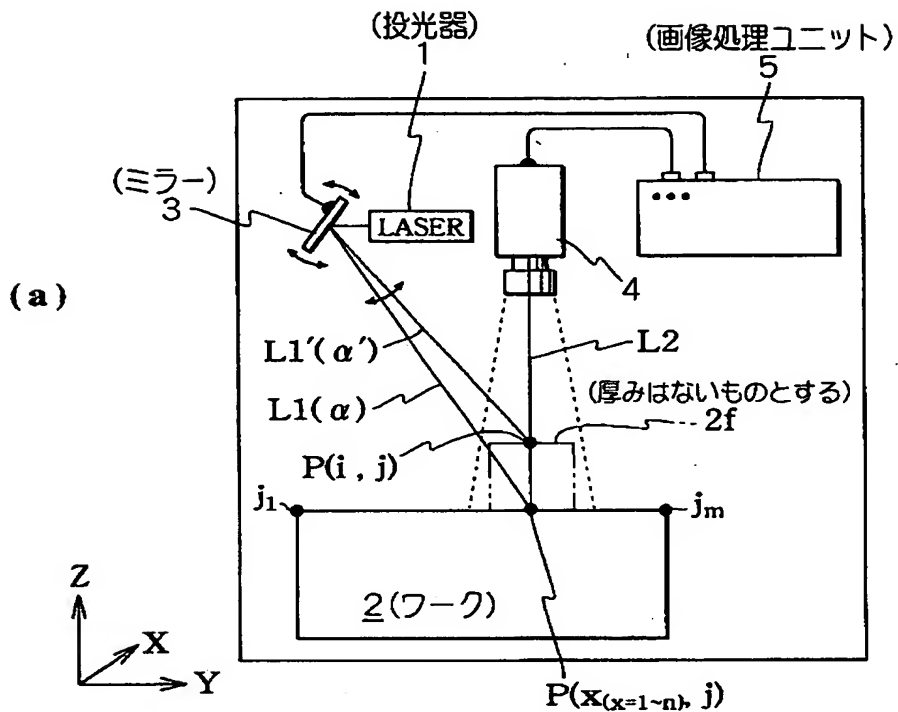
【図4】



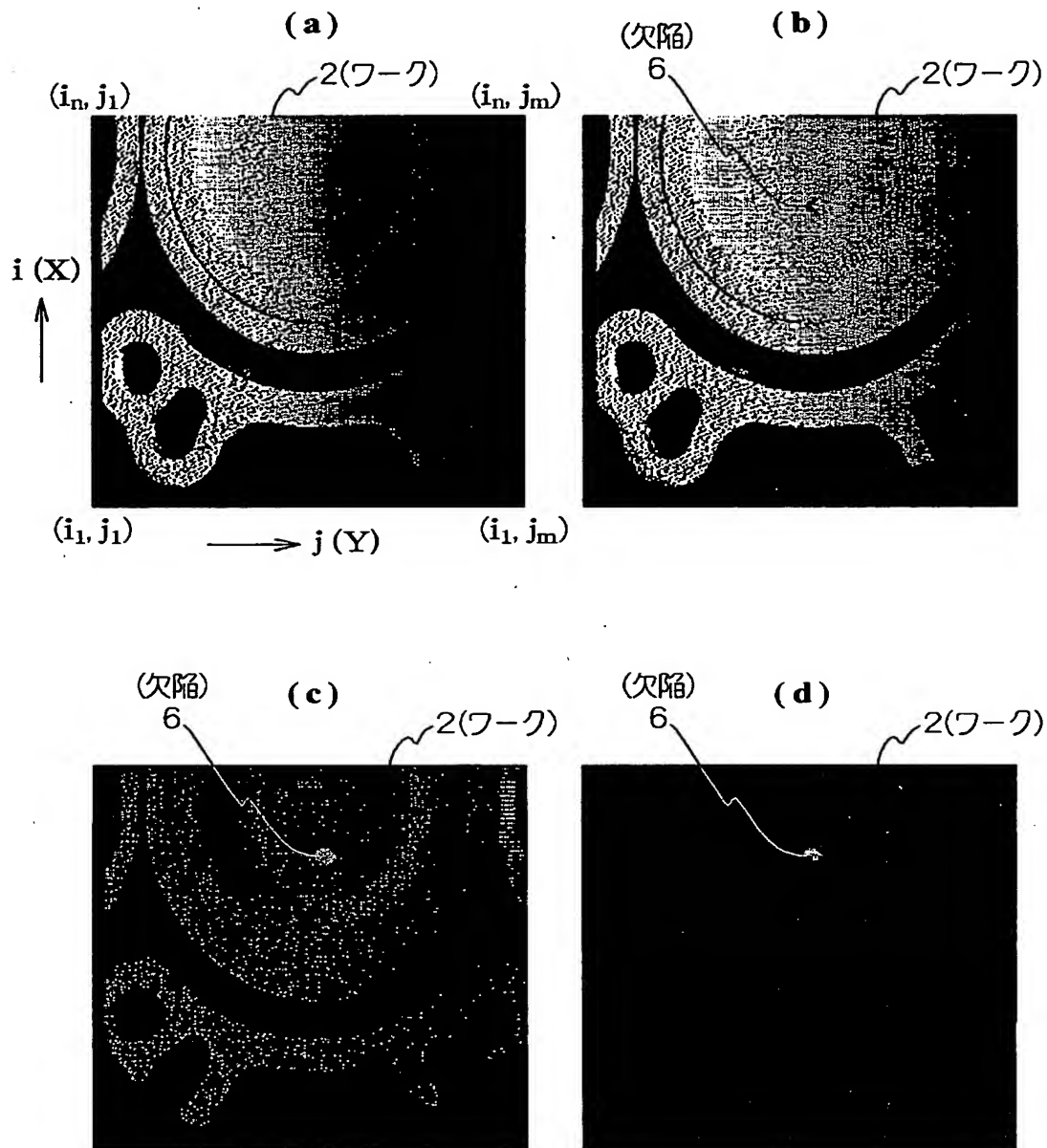
【図5】



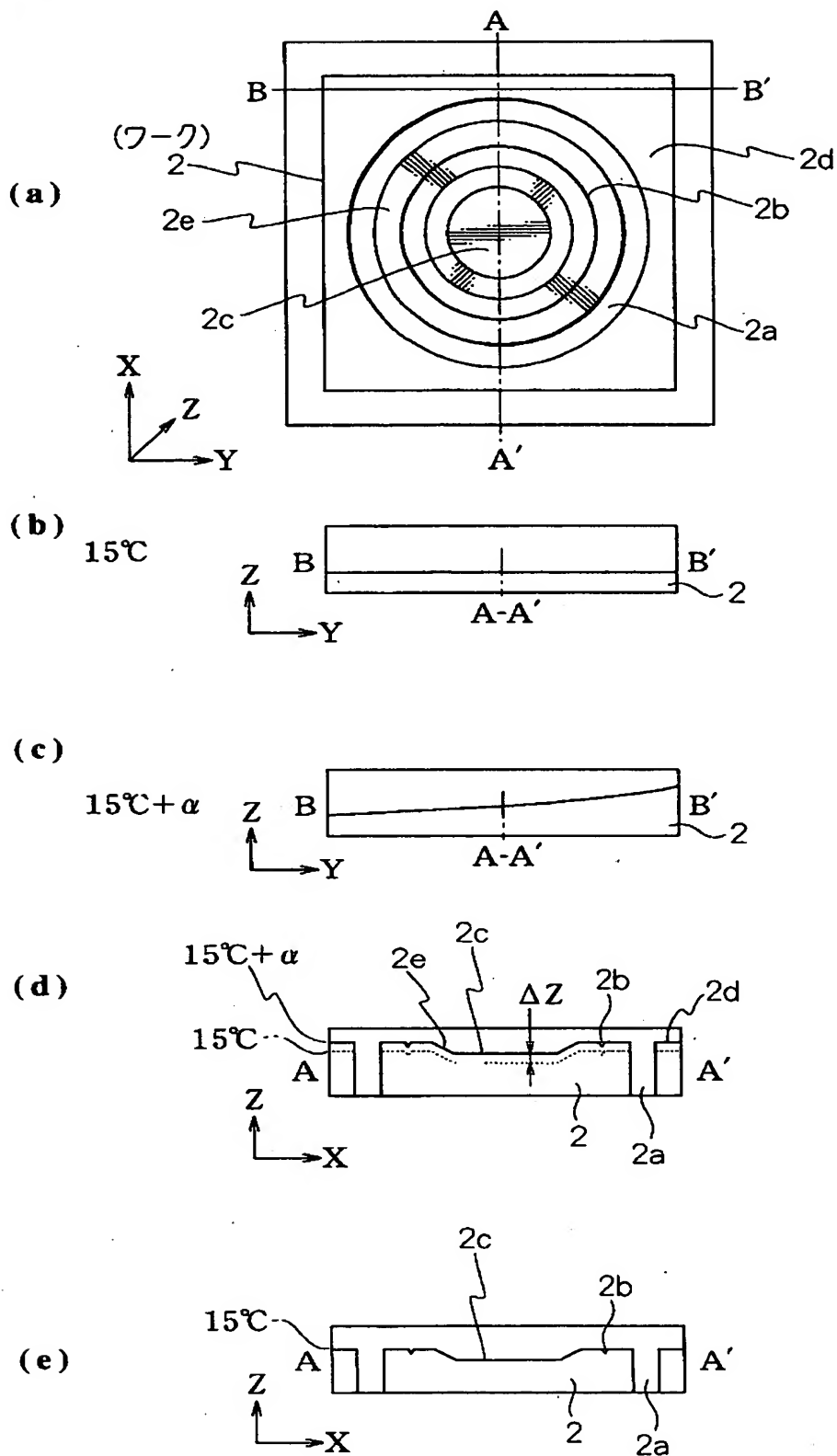
【図6】



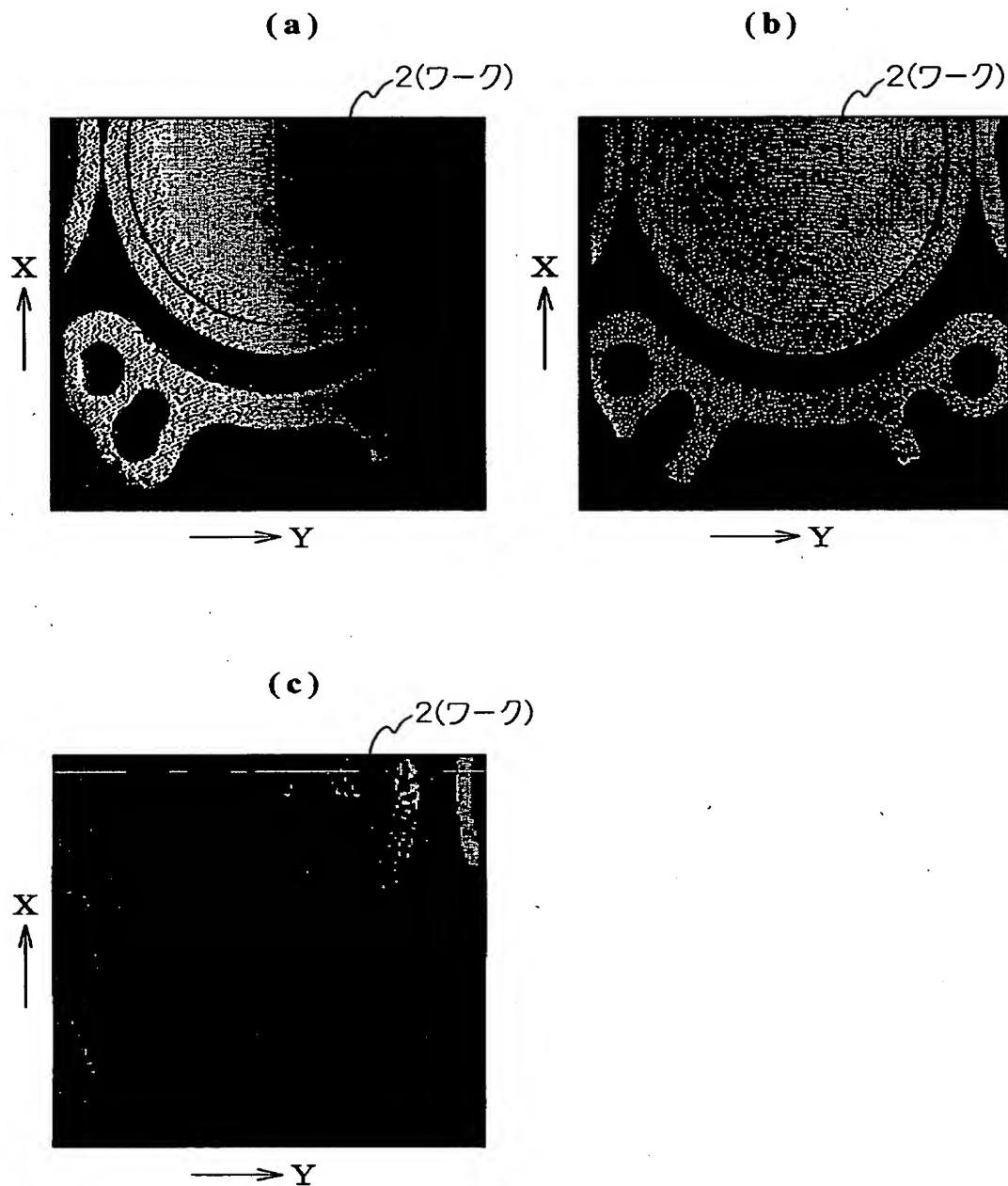
【図 7】



【図 8】



【図9】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 温度変化に応じて設定を変えたり、温度環境を積極的に制御したりしなくても、ワーク表面の欠陥検査を的確に実行することのできる三次元形状の欠陥検査方法を提供すること。

【解決手段】 完全な形状を有するワーク 2 を走査して得た距離コード（ミラーの揺動角度を示す値）と検査対象となるワーク 2 を走査して得た距離コードの差分を測定位置毎に求めて照射線の線方向と照射線の移動軌跡の方向を直交 2 軸とするマトリクスに対応させて記憶する。照射線の線方向のマトリクス要素中で最頻出する差分の値をミラー 3 の各揺動位置毎に求め、ミラー 3 の各揺動位置毎に、最頻出する差分の値との偏差が設定値以上に大きな差分を有するマトリクス要素を求めることによって、距離コードのデータを相対的にシフトさせても完全な形状を有するワークの距離コードと一致しない距離コードを有する部分を検出して欠陥候補とする。更に、欠陥候補となるマトリクス要素の全ての存在状態に基づいて検査対象となるワークの欠陥の有無を判定する。

【選択図】 図 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000002082]

1. 変更年月日 1991年 4月27日
[変更理由] 住所変更
住 所 静岡県浜松市高塚町300番地
氏 名 スズキ株式会社